

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Kementerian Kehutanan dan *Korea Forest Service* telah menandatangani kerjasama pengembangan industri biomassa ini pada tanggal 6 Maret 2009. Salah satu industri yang telah menghasilkan Pellet Kayu (*wood pelle*)t adalah PT. Solar Park, Jawa Tengah bekerja sama dengan Perum Perhutani mengolah limbah kayu Sengon dan Kaliandra. Sampai tahun 2007, Indonesia baru mampu menghasilkan *wood pellet* 40.000 ton, sedangkan produksi dunia telah menembus angka 10 juta ton. Jumlah ini belum memenuhi kebutuhan dunia pada tahun 2010 yang diperkirakan mencapai 12,7 juta ton. Peluang mengembangkan bahan bakar ini sangat terbuka luas mengingat limbah hasil hutan kita sangat besar baik dari limbah industri kayu maupun dari hutan tanaman (Kementerian Kehutanan, 2010).

Kebutuhan kayu sebagai kayu energi Penggunaan kayu sebagai salah satu sumber energi memiliki peranan yang besar dalam kehidupan manusia. Seiring dengan kemajuan jaman dan ditemukannya sumber energi lain seperti nuklir, listrik, minyak, sinar matahari dan batu bara, namun ketergantungan manusia terhadap kayu sebagai bahan bakar masih tinggi. Jumlah manusia semakin bertambah dari waktu ke waktu semakin meningkat, begitu juga dengan konsumsi kayu bakar. Menurut laporan FAO (2001), 7% dari total kebutuhan energi dunia dicukupi dari hasil kayu. Di negara berkembang, kebutuhan energi yang berasal dari kayu lebih tinggi dibandingkan dengan negara industri. Di Negara berkembang kurang lebih 15% dari total kebutuhan energi berasal dari kayu

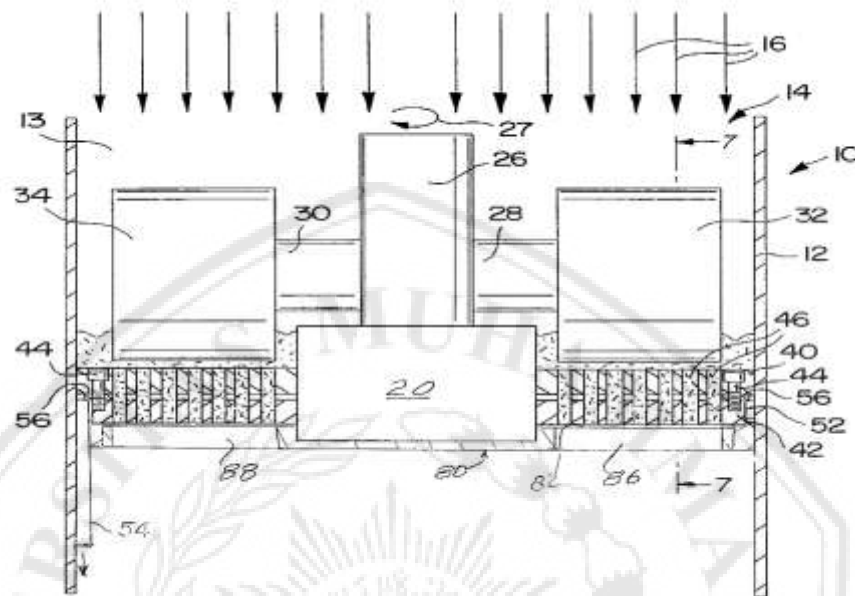
bakar, sedangkan pada negara industri hanya 2% saja (FAO, 2001). Ketergantungan kebutuhan energi saat ini sebagian besar dipenuhi dari bahan bakar fosil, sementara itu dipastikan suatu saat sumber bahan bakar ini akan menipis dan habis. kayu dunia yang digunakan sebagai sumber energi (kayu bakar dan arang) sekitar 1,8 miliar m³ dimana jumlah tersebut merupakan separuh dari kebutuhan kayu dunia. Sedangkan konsumsi kayu bakar di dunia yang paling tinggi terdapat pada negara berkembang yaitu sekitar 80% dari produksi kayu per tahun atau sebanding dengan 0,4 miliar ton minyak (Alexandrotus, 1995). World Bank pada tahun 1992 melaporkan bahwa rata-rata kebutuhan kayu dunia akan mengalami 2 peningkatan 2,3% per tahunnya (Jepma, 1995). Sejalan dengan pendapat diatas, konsumsi kayu untuk energi di dunia menurut FAO (2001) sebagian besar (50%) diserap oleh negara di Asia dan peringkat kedua 27% oleh negara-negara di Afrika. Negara berkembang memiliki tingkat konsumsi kayu energi yang lebih tinggi dibandingkan negara industri. Negara-negara Eropa Timur dan Barat, Amerika Tengah dan Karibia serta Amerika Utara tingkat konsumsi kayu bakarnya berkisar 1 - 4%.

Mengacu dari persoalan diatas, Maka perlu adanya desain Perancangan Mesin Pencetak Pellet Serbuk Kayu yang lebih efektif dan mampu menjawab UKM menengah kebawah bisa produksi pellet kayu agar tidak bergantung pada bahan bakar fosil dan memanfaatkan limbah kayu industri menjadi sumber energi terbarukan seperti biomassa, penghangat ruangan dan bisa menggantikan batu bara di PLTU. Judul yang akan diangkat “Perancangan Mesin Pencetak Pellet Serbuk Kayu dengan Kapasitas 250 Kg/ jam ”

2.1.1. Tinjauan Paten

▲ Zaiman “Apparatus for dewatering and pelletizing particulate fuel”.

Patent Number : US 6375447 B1



Gambar 2.1 Apparatus for dewatering and pelletizing particulate fuel

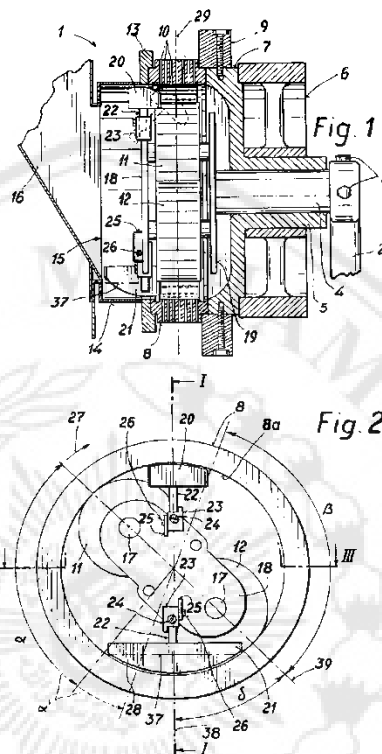
(Sumber : <https://www.google.com/patents/US6375447>)

Gambar diatas menunjukkan bawah mesin tersebut menggunakan 2 roller , dan ukuran disc yang ditentukan .Dimana roller menekan bahan baku yang jatuh dari hopper dengan tekanan yang ditentukan, yang diatur kerapatannya antara roller dan disc sehingga dapat keluar dari lubang (hole) disc dalam bentuk silinder sesuai ukuran yang ditentukan .mesin yang terlihat pada gambar tersebut menjadi acuan (referensi) untuk membuat konsep desain pada mesin pencetak pellet serbuk kayu yang akan dirancang. Kekurangan dari mesin ini yaitu dari segi kapasitas mesin, dimana kapasitas yang dihasilkan oleh mesin ini masih kurang mampu menjawab permasalahan UKM menengah kebawah.

▲ Hanspetter Schafner “pellet mill”.

Patent Number : US 4711622 A

U.S. Patent Dec. 8, 1987 Sheet 1 of 2 4,711,622



Gambar 2.2 pellet mill

(Sumber : <https://www.google.com/patents/US4711622>)

Pada gambar yang terlihat diatas, sistem roll diatas menjelaskan bahwa lubang pada disc posisi horizontal dan output pellet keluar pada posisi horizontal dan roller berputar menekan pellet dengan mengelilingi pada dinding disc (ring die). Kekurangan dari mesin ini membutuhkan tenaga 1500 cc dan untuk produksi kapasitas skala besar untuk kalangan industri karena piringan disc yang besar berbentuk ring.

2.2 Teori Umum Kayu

Kayu merupakan hasil hutan dari sumber kekayaan alam merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat sekaligus, yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain. Pengertian kayu disini adalah sesuatu bahan, yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian yang mana yang lebih banyak dapat dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan. Baik dalam bentuk pertukangan, kayu industri maupun kayu bakar. (dumanauw.1993)



Gambar 2.3 Kayu Jati

(sumber : <https://www.furniturendanmebel.com>)

Tabel 2.2 Komposisi unsur kayu

Unsur	Berat kering %
Karbon	49 %
Hidrogen	6 %
Oksigen	44 %
Nitrogen	Sedikit
Abu	0,1 %

Unsur – unsur penyusunan kayu itu tergabung dalam sejumlah senyawa organik : selulosa, hemiselulosa, dan lignin (haygreen. 1986)

2.2.1. Sifat Kimia Kayu

Komponen kimia kayu sangat bervariasi, karena dipengaruhi oleh faktor tempat tumbuh, iklim, dan letaknya didalam batang atau cabang. Komponen kimia di dalam kayu mempunyai arti yang penting, karena menentukan kegunaan suatu jenis kayu.

Secara kimia kandungan zat yang terdapat pada kayu dapat dibagi atas:

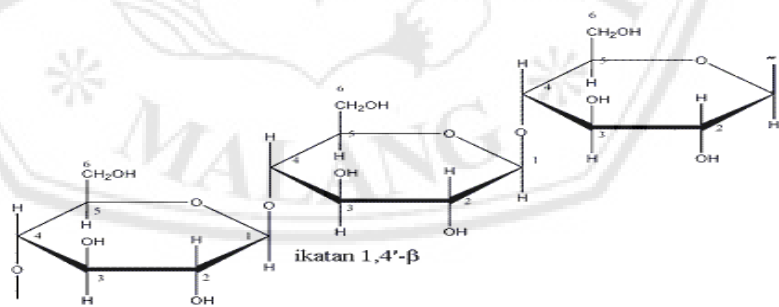
1. Selulosa
2. Hemiselulosa
3. Lignin
4. Ekstraktif

Komposisi kimia kayu bervariasi untuk setiap spesies. Secara umum, *hardwood* atau kayu keras mengandung lebih banyak selulosa, hemiselulosa dan ekstraktif dibanding dengan *soft wood* (kayu lunak) tetapi kandungan ligninnya sedikit.

1. Selulosa

Selulosa merupakan bahan kristalin untuk membangun dinding-dinding sel dan merupakan dasar yang penting bagi industri-industri yang memakai selulosa sebagai bahan baku, misalnya: pabrik kertas, pabrik sutera tiruan dan lain sebagainya. Selulosa juga merupakan bagian terbesar dari pada dinding sel kayu, selulosa adalah polimer karbohidrat kompleks yang mempunyai persentasi komposisi yang sama seperti pati, yang menghasilkan glukosa dan terhidrolisis sempurna oleh asam. Rumus kimia dari selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n adalah jumlah dari pengulangan glukosa, dan juga dinamakan derajat polimerisasi (DP).

Menurut casey (1811) sumber utama serat selulosa terdapat dalam tumbuh-tumbuhan yaitu serat selulosa sebagai bahan baku pembuatan pulp.



Gambar 2.4 Struktur Kimia Selulosa

(sumber : <https://www.kimiaupi.edu>)

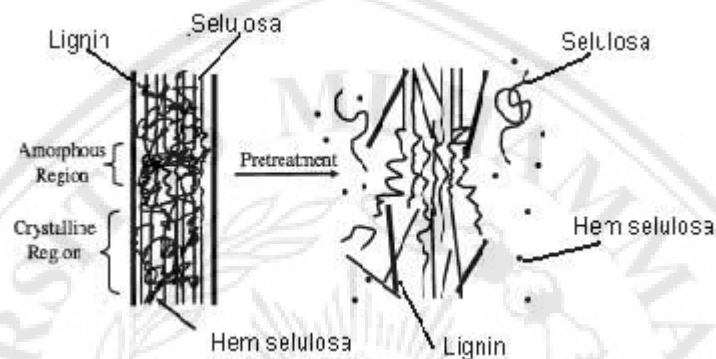
2. Hemiselulosa

Zat ini semacam selulosa yang berupa persenyawaan dengan molekul-molekul besar yang bersifat karbohidrat. Hemiselulosa dapat tersusun oleh gula yang bermartabat lima dengan rumus $C_5H_{10}O_5$ disebut pentosan atau

gula atau gula bermartabat enam $C_6H_{12}O_6$ disebut hexosan. Zat-zat ini terdapat sebagai bahan bangunan dinding-dinding sel dan juga sebagai bahan zat cadangan.

Hemiselulosa juga merupakan polimer-polimer gula yang terdiri hanya dari polimer glukosa. Molekul hemiselulosa terdiri dari 300 unit gula. Berbeda dengan selulosa.

3. Lignin



Gambar 2.5 Struktur Lignin
(sumber : www.isroi.com)

Merupakan bagian yang bukan karbohidrat, sebagai persenyawaan kimia yang jauh dari sederhana, tidak berstruktur, bentuknya amorf.

Lignin berfungsi sebagai bahan perekat atau semen antara sel-sel selulosa yang membuat kayu menjadi kuat. Diantara sel-sel, lignin berfungsi untuk memberi ketegaran pada sel. Lignin juga berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kandungan air kayu dan juga dikatakan bahwa lignin mempertinggi sifat racun kayu yang membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga.

Didalam kayu lignin merupakan bahan tidak berwarna. Apabila lignin bersentuhan dengan udara, terutama dengan adanya sinar matahari, maka lama kelamaan lignin akan cenderung menjadi kuning. Lignin merupakan polimer tiga dimensi yang bercabang banyak, molekul utama pembentuk lignin adalah *Fenylpropane*. Satu molekul lignin dengan derajat polimerisasi yang tinggi merupakan molekul yang besar karena ukurannya dan struktur tiga dimensinya.

4. Zat Ekstraktif

Umumnya adalah zat yang mudah larut dalam pelarut seperti eter, alkohol, bensin, dan air. Banyak rata-rata 3-8% dari berat kayu kering tanur. Termasuk didalamnya minyak-minyak, resin, lilin, lemak, tanin, gula, pati dan zat warna. Zat ekstraktif tidak merupakan bagian struktur dinding sel, tetapi terdapat dalam rongga sel. (Dumanauw hal28).

2.2.2 Sifat Fisik Kayu

1) Massa Jenis

Yang terpenting dari bahan baku untuk pulp ini adalah massa jenis dimana massa jenis sangatlah berpengaruh besar terhadap produk pulp karena penjualan pulp itu berdasarkan volume sehingga berat suatu kayu mempengaruhi volume pulp yang dihasilkan.

Massa jenis basah untuk beberapa jenis kayu :

Massa jenis yang sesungguhnya	: 1,53
Massa jenis kayu untuk pulp	: 0,3-0,6
Massa jenis kayu pinus	: 0,47-0,50

Massa jenis kayu karet : 0,55-0,60

Massa jenis kayu jati : 0,79

2) Kadar Air

Kadar air pada kayu yang baru ditebang sekitar 80-90% sehingga untuk pembuatan pulp harus ditimbun dulu beberapa bulan supaya kadar airnya berkurang. Pelepasan air bebas akan mempengaruhi selulosa kayu secara kimiawi. Pengabsorbsian kandungan air dalam kayu (proses evaporasi) merupakan proses fisik dan kimiawi yang sangat rumit, dimana pelepasan air bebas akan mempengaruhi perubahan dimensi kayu. Pelepasan air terikat akan mempengaruhi sel pori (selulosa) kayu secara kimiawi.

2.2.3 Pengolahan Pellet kayu



Gambar 2.6 pelet kayu

(sumber : www.inovasibiomassa.blogspot.com)

Menurut Leach dan Gowen (1987), metode densifikasi untuk pembuatan pelet atau briket dapat dibedakan menjadi 2 kategori, yaitu sistem tekanan rendah seperti mesin pengempa manual dan mekanis serta sistem tekanan tinggi seperti *roller*, *piston* atau *screw extrusion*.

Pelet merupakan salah satu bentuk energi biomassa, yang diproduksi pertama kali di Swedia pada tahun 1980-an. Pelet digunakan sebagai pemanas ruang untuk ruang skala kecil dan menengah. Pelet dibuat dari hasil samping terutama serbuk kayu. Pelet kayu digunakan sebagai penghasil panas bagi pemukiman atau industri skala kecil. Di Swedia, pelet memiliki ukuran diameter 6–12 mm serta panjang 10–20 mm (NUTEK 1996, dalam Jonsson 2006).

Pelet merupakan hasil pengempaan biomassa yang memiliki tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan briket (60 kg/m^3 , kadar abu 1% dan kadar air kurang dari 10%) (El Bassam dan Maegaard 2004). Pelet memiliki kadar air yang rendah sehingga dapat lebih meningkatkan efektivitas pembakaran (VE2006).

Bahan bakar pelet memiliki diameter antara 3–12 mm dan panjang bervariasi antara 6–25 mm. Pelet diproduksi oleh suatu alat dengan mekanisme pemasukan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan termampatkan melewati lingkaran baja dengan beberapa lubang yang memiliki ukuran tertentu. Proses pemampatan ini menghasilkan bahan yang padat dan akan patah ketika mencapai panjang yang diinginkan (Ramsay 1982).

Menurut Ramsay (1982), proses pembuatan pelet menghasilkan panas akibat gesekan alat yang memudahkan proses pengikatan bahan dan penurunan kadar air bahan hingga mencapai 5–10%. Panas juga menyebabkan suhu pelet ketika keluar mencapai $60\text{--}65^\circ\text{C}$ sehingga dibutuhkan pendinginan.

Metode pembuatan pelet yang lain dilakukan oleh Livingston pada tahun 1977 (Livingston *dalam* Ramsay 1982) dan telah dipatenkan di US Patent. Proses pembuatan pelet dilakukan dari bahan organik dengan kadar air antara 16–28%. Proses berlangsung pada suhu 163°C dan tekanan pada lempeng baja sebesar 178 kN. Pelet yang dihasilkan memiliki ukuran diameter 3 mm serta panjang 13 mm. Pelet kemudian dikeringkan dengan udara panas dan menghasilkan kadar air 7–8% serta bobot jenis lebih dari 1,0.

Menurut Hartadi et al. (1990), pelet dikenal sebagai bentuk massa dari bahan pakan atau ransum yang dibentuk dengan cara menekan dan memadatkan melalui lubang cetakan secara mekanis. Proses pembuatan pelet dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. pengolahan pendahuluan meliputi pencacahan, pengeringan, dan penggilingan,
2. pembuatan pelet meliputi pencetakan, pendinginan, dan pengeringan, dan
3. perlakuan akhir meliputi sortasi, pengepakan dan penggudangan. Tujuan pembuatan bahan baku serbuk kayu dalam bentuk pelet adalah untuk meringkas volume bahan, sehingga mudah dalam proses pemindahan, dan menurunkan biaya pengangkutan. (Tjokroadikoesoemo, 1986).



Gambar 2.7 Pencetakan pelet kayu

(sumber : www.inovasibiomassa.blogspot.com)

Ada beberapa faktor yang menentukan kualitas pelet yang dihasilkan, yaitu bahan baku, proses variabel, sistem variabel dan perubahan fungsi pakan pada saat pembuatan pelet. Menurut Thomas et al. (1997), faktor bahan baku dipengaruhi oleh sifat fisik kimia, komposisi kimia, dan komposisi fisik bahan. Sifat fisik kimia terdiri dari protein, pati, dan serat. Komposisi kimia terdiri dari kandungan bahan kering, lemak, abu, dan kandungan nitrogen. Komposisi fisik terdiri atas berat jenis dan ukuran partikel. Proses variabel berhubungan dengan spesifikasi mesin yang digunakan seperti kecepatan putaran mesin per menit (RPM), jarak antara die dan roller, kecepatan die, penempatan pisau pemotong, dan permukaan roller. Sistem variabel berhubungan dengan lamanya bahan baku berada di dalam mesin pelet selama proses pemeletan berlangsung dan jumlah energi yang digunakan (Thomas et al., 1997). Thomas et al. (1997), juga menyatakan bahwa perubahan fungsi berhubungan dengan proses gelatinisasi pati, solubilisasi serat, dan denaturasi protein. Faktor tujuan berhubungan dengan kualitas nutrisi dari

pelet yang dihasilkan (kandungan energi), kualitas fisik seperti kekerasan dan ketahanan benturan pelet, serta kualitas higienis (jumlah mikroba) pellet.



2.3 Motor Penggerak

Dalam perancangan ini, motor penggerak yang digunakan untuk menggerakkan mesin roll pencetak pelet adalah motor listrik AC. Motor listrik dipilih sebagai penggerak mesin karena lebih hemat tempat, suara tidak bising, lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan motor berbahan bakar bensin maupun lainnya, serta mudah didapatkan dipasaran. Motor Listrik adalah elemen mesin yang berfungsi sebagai tenaga penggerak. Penggunaan motor elektrik disesuaikan dengan kebutuhan daya mesin. Motor Listrik pada umumnya berbentuk silinder dan dibagian bawah terdapat dudukan yang berfungsi sebagai lubang baut supaya motor listrik dapat dirangkai dengan rangka mesin atau konstruksi mesin yang lain. Poros penggerak terdapat di salah satu ujung motor listrik dan tepat di tengah – tengahnya (Suherman, 1987).



Gambar 2.8 Motor Listrik

(sumber : <http://www.aelleventilazeon.it>)

2.3.1 Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen – elemen seperti roda gigi (gear), pulley, flywheel, engkol, sprocket, dan elemen pemindah daya lainnya. Poros biasanya menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri – sendiri atau berupa gabungan satu dengan yang lainnya (Josep Edward Shigley, 1983).



Gambar 2.9 Poros

(sumber : <https://pudukstifarea.files.wordpress.com>)

Macam – macam poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya, antara lain :

a. Poros Transmisi

Poros ini mendapatkan beban puntir murni dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sprocket rantai dan lain – lain.

b. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindle.

c. Gandar

Poros yang tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakan oleh penggerak mula, dimana akan mengalami beban puntir juga. Seperti dipasang diantara roda – roda kereta barang.

Dalam suatu perencanaan poros ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan, antara lain :

d. Kekuatan poros

Satau poros transmisi dapat mengalami beban puntir, beban lentur ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau beban tekan seperti poros baling – baling kapal. Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya : kelelahan, tumbukan

dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga ataupun penggunaan alur pasak pada poros tersebut. Poros yang direncanakan tersebut harus cukup aman dan cukup kuat untuk menahan beban – beban tersebut.

e. Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan (pada mesin perkakas), getaran mesin dan suara. Oleh karena itu disamping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan poros tersebut.

f. Putaran kritis

Bila putaran mesin dinaikan maka akan menimbulkan getaran pada mesin tersebut. Batas antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dll. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian – bagian lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya,

g. Korosi

Apabila terjadi kontak langsung antara poros dengan fluida korosif maka dapat mengakibatkan korosi pada poros tersebut, misalnya propeller shaft pada pompa air. Oleh karena itu pemilihan bahan-bahan poros (plastik) dari bahan yang tahan korosi perlu mendapat prioritas utama.

h. Bahan poros

Poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat pada umumnya dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molebdenum, baja khrom, baja khrom molibden, dll. Sekalipun demikian, baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan pembebanan yang berat saja.

Jika diketahui bahwa poros yang akan direncanakan tidak mendapat beban lain kecuali torsi, maka diameter poros tersebut dapat lebih kecil. Meskipun demikian, jika diperkirakan akan terjadi pembebanan berupa lenturan, tarikan atau tekanan, misalnya jika sebuah sabuk, rantai atau roda gigi dipasangkan pada poros motor, maka kemungkinan adanya pembebanan tambahan yang perlu diperhitungkan dalam factor keamanan yang diambil (Sularso dan Suga, 1991).

- Perencanaan rumus perhitungan :

▲ Daya rencana

$$P_d = f_c \cdot P \quad \dots\dots\dots (2.1) \text{(sumber : Sularso dan Suga, 1991).}$$

Dimana :

P_d = Daya rencana (kW)

f_c = Faktor koreksi

P = Daya nominal output motor penggerak (kW)

Tabel 2.3 Faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan f_c

Daya yang ditransmisikan	f_c
Daya rata – rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

(sumber : Sularso dan Suga. 1991. Hal 7)

Jika daya diberikan dalam daya kuda (PS), maka harus dikalikan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam kW.

▲ Torsi yang terjadi pada poros

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \dots\dots\dots(2.2) \quad \text{(sumber:}$$

Sularso dan Suga, 1991).

Dimana :

T = Momen puntir/momen rencana (Kg.mm)

P_d = Daya rencana (kW)

n_1 = Putaran poros (Rpm)

▲ Tegangan geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \dots\dots\dots(2.3) \quad \text{(sumber :}$$

Sularso dan Suga, 1991).

Dimana :

σ_B = Kekuatan tarik bahan poros (kg/mm²)

Sf_1 = Faktor keamanan tergantung pada jenis bahan

Sf_2 = Faktor keamanan yang tergantung dari bentuk poros

Menurut (Sularso dan Suga. 1991) tegangan geser yang diizinkan untuk pemakaian umum pada poros dihitung atas dasar batas kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira – kira 45% dari kekuatan tarik σ_B (kg/mm²).

Harga 5,6 diambil untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin, dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh masa, dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan Sf_1 . Ditinjau dari bentuk poros, poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga, pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar dan pengaruh kekasaran harus

diperhatikan. Untuk itu perhitungan perlu diambil factor yang dinyatakan dengan Sf_2 dengan harga sebesar 1,3 – 3,0.

▲ Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3} \dots\dots\dots(2.4) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

d_s = Diameter poros (mm)

K_t = Faktor koreksi beban tumbukan

C_b = Faktor koreksi beban lenturan

T = Momen puntir/momen rencana (kg.mm)

τ_a = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

Factor koreksi yang dianjurkan ASME, yang dinyatakan dengan K_t dipilih 1,0 Jika beban dikenakan secara halus, 1,0 – 1,5 Jika terjadi sedikit kejutan dan tumbukan 1,5 – 3,0 Jika terjadi kejutan dan tumbukan besar.

Jika memang diperkirakan akan terjadi beban pemakaian dengan beban lentur maka dapat dipertimbangkan pemakaian factor C_b yang harganya antara 1,2 – 2,3 jika terdapat pembebanan lentur dan 1,0 Jika tidak ada beban lentur.

▲ Besar tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{5,1.T}{d_s^3} \dots\dots\dots(2.5) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

τ = Tegangan geser (kg/mm²)

T = Momen puntir/momen rencana (kg.mm)

d_s = Diameter poros (mm)

Untuk mengetahui apakah poros yang direncanakan aman digunakan atau tidak, maka perlu diuji dengan membandingkan besar nilai τ_a dan τ . Jika $\tau < \tau_a$ maka poros yang digunakan aman.

2.3.2 Puli dan Sabuk – V

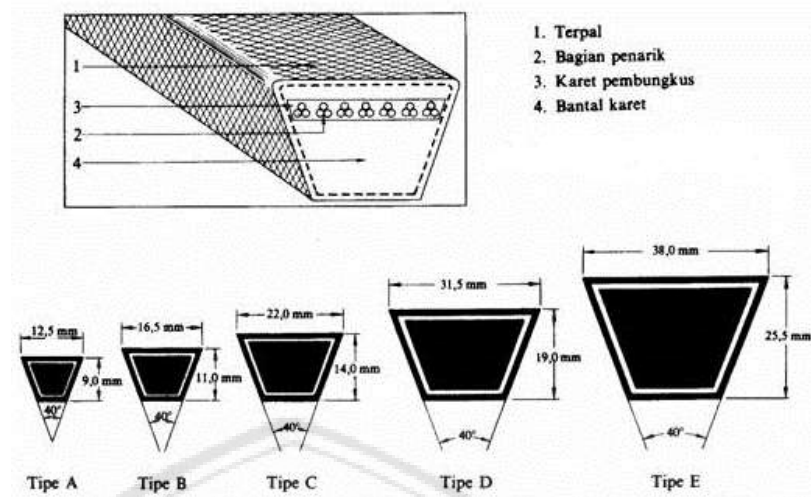
Puli adalah sebuah mekanisme yang terdiri dari roda pada sebuah poros yang memiliki alur untuk mekanisme sabuk. Puli (*pulley*) berfungsi mereduksi putaran, mempercepat putaran, mentransmisikan daya dari penggerak menuju komponen yang digerakkan, memperbesar torsi, dan memperkecil torsi.



Gambar 2.10 Puli

(Sumber : <http://www.google.com>)

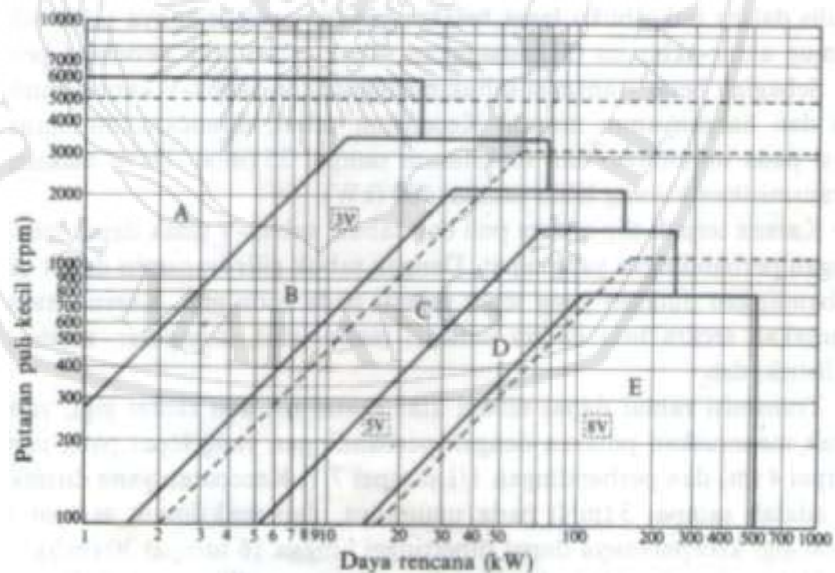
Sabuk (*belt*) berfungsi untuk menghubungkan antara dua buah poros yang tidak memungkinkan untuk ditransmisikan oleh roda gigi, dimana sebuah sabuk dibelitkan sekeliling puli atau sprocket pada poros. Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk – V karena mudah penanganannya dan harganya pun relatif murah.



Gambar 2.11 Konstruksi dan Ukuran Penampang sabuk - V

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991.Hal 164)

Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekannya juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Hal ini merupakan salah satu keunggulan sabuk V dibandingkan dengan sabuk rata.



Gambar 2.12 Diagram pemilihan sabuk – V

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991.Hal 164)

Tabel 2.4 Faktor Koreksi Sabuk – V

Mesin yang digerakkan		Pengerak					
		Momen puntir puncak > 200%	Momen puntir puncak > 200%				
		Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar baging, sinkron), motor arus searah (lilitan shunt)	Motor arus bolak-balik (moment tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap				
		Jumlah jam kerja tiap hari	Jumlah jam kerja tiap hari				
		3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam
beban sangat	Pengaduk zat cair, kipas angin, blower (sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan.	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Variable beban kecil	Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin pencetak.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variable beban sedang	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, pilingan palu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Variable beban besar	Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

(sumber : Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991.Hal 165)

Menurut (Sularso dan Suga, 1991), pada umumnya kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 (m/s) dan maksimum sampai 25 (m/s). Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 (kW).

- Perencanaan rumus perhitungan :

▲ Perbandingan putaran

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{d_1}$$

.....(2.6))(sumber:Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

n_1 = Putaran poros pertama (rpm)

n_2 = Putaran poros kedua (rpm)

d_1 = Diameter nominal puli penggerak (mm)

D_2 = Diameter nominal puli yang digerakkan (mm)

▲ Torsi yang terjadi pada poros

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_2} \dots\dots\dots(2.7) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

T_1 = Momen rencana poros penggerak (Kg.mm)

T_2 = Momen rencana poros yang digerakan (Kg.mm)

p_d = Daya rencana (kW)

n_1 = Putaran poros penggerak (Rpm)

n_2 = Putaran poros yang digerakan (Rpm)

▲ Kecepatan linier sabuk-V (m/s).

$$v = \frac{d_1 \cdot n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(2.8) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

v = Kecepatan linier sabuk (m/s)

d_1 = Diameter nominal puli penggerak (mm)

n_1 = Putaran puli penggerak (rpm)

▲ Perhitungan panjang keliling sabuk-V

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \dots\dots\dots(2.9) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

L = Panjang sabuk rencana (mm)

C = Jarak sumbu poros (mm)

d_1 = Diameter nominal puli penggerak (mm)

D_2 = Diameter nominal puli yang digerakkan (mm)

▲ Jarak sumbu poros C (mm)

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_2 - d_1)^2}}{8} \dots\dots\dots(2.10) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Nilai panjang sabuk ideal :

$$b = 2L - 3,14(D_2 + d_1) \dots\dots\dots(2.11) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

b = Panjang sabuk ideal (mm)

L = Panjang sabuk rencana (mm)

d_1 = Diameter nominal puli penggerak (mm)

D_2 = Diameter nominal puli yang digerakkan (mm)

C = Jarak sumbu poros (mm)

▲ Besar sudut kontak

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(D_2 - d_1)}{C} \dots\dots\dots(2.12) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

θ = Besar sudut kontak ($^\circ$)

C = Jarak sumbu poros (mm)

d_1 = Diameter nominal puli penggerak (mm)

D_2 = Diameter nominal puli yang digerakkann (mm)

▲ Dengan memperoleh besar sudut kontak maka akan dapat ditentukan jumlah sabuk yang dapat diperoleh melalui persamaan berikut :

$$N = \frac{P_d}{P_0 K_\theta} \dots\dots\dots(2.13) \text{ (sumber :}$$

Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

N = Jumlah sabuk

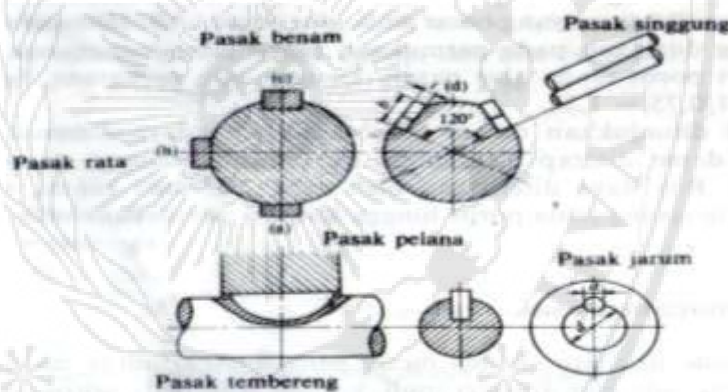
P_d = Daya rencana (kW)

P_0 = Daya yang ditransmisikan oleh satu sabuk (kW)

K_θ = Faktor koreksi

2.3.3 Pasak

Pasak adalah suatu elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan bagian – bagian mesin seperti roda gigi, sprocket, puli, kopling dan lain – lain pada poros. Pemilihan jenis pasak tergantung pada besar kecilnya daya yang bekerja dan kestabilan bagian-bagian yang disambung. Untuk daya yang kecil, antara naf roda dan poros cukup dijamin dengan baut tanam (*set screw*).



Gambar 2.13 Macam - macam pasak

(Sumber : Sularso dan Suga, 1991)

Menurut letaknya pada poros dapat dibedakan antara pasak pelana, pasak rata, pasak benam dan pasak singgung, yang umumnya berpenampang segi empat. Dalam arah memanjang dapat berbentuk prismatic atau berbentuk tirus. Pasak benam prismatic ada yang khusus dipakai sebagai pasak luncur. Disamping pasak diatas adapula pasak tembereng dan pasak jarum. Yang paling umum dipakai adalah pasak benam yang dapat meneruskan momen besar. Untuk momen tumbukan dapat dipakai pasak singgung (Sularso dan Suga, 1991).

Tabel 2.5 Ukuran – ukuran utama pasak

Ukuran nominal pasak $b \times a$	Ukuran standar b, h_1 , dan h_2	Ukuran standar b		C	P	Ukuran Standar t_1	Ukuran standar t_2			r_1 dan r_2	Referensi	
		Pasak prismatis	Pasak lurus				Pasak prismatis	Pasak lurus	Pasak lurus		Diameter poros yang dapat dipakai: d^*	
2 x 2	2	2		0,16	6-20	1,2	1,0	0,5	0,08	Lebih dari	6-8	
3 x 3	3	3		0,25	6-36	1,8	1,4	0,9	0,16	"	8-10	
4 x 4	4	4			8-45	2,5	1,8	1,2		"	10-12	
5 x 5	5	5			10-56	3,0	2,3	1,7		"	12-17	
6 x 6	6	6			14-70	3,5	2,8	2,2		"	17-22	
(7 x 7)	7	7	7,2	0,25	16-80	4,0	3,0	3,5	3,0	0,16	20-25	
(8 x 8)	8	8			18-90	4,0	3,3		2,4	0,25	22-30	
10 x 8	10	8			22-110	5,0	3,3		2,4		30-38	
12 x 8	12	8			28-140	5,0	3,3		2,4		38-44	
14 x 9	14	9		0,40	36-180	5,5	3,8	2,9		0,25	44-50	
(15 x 10)	15	10	10,2	0,60	40-180	5,0	5,0	5,5	5,0	0,40	50-55	
16 x 10	16	10			45-180	6,0	4,3		3,4		50-58	
18 x 11	18	11			50-200	7,0	4,4		3,4		58-65	
20 x 12	20	12			56-220	7,5	4,9		3,9		65-75	
22 x 14	22	14			63-250	9,0	5,4		4,4		75-85	
(24 x 16)	24	16	16,2	0,60	70-280	8,0	8,0	8,5	8,0	0,40	80-90	
25 x 14	25	14		0,80	70-280	9,0	5,4		4,4	0,60	85-95	
28 x 16	28	16			80-320	10,0	6,4		5,4		95-110	
32 x 18	32	18			90-360	11,0	7,4		6,4		110-130	

* / harus dipilih dari angka-angka berikut sesuai dengan daerah yang bersangkutan dalam tabel.
6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400.

(Sumber : Sularso dan Suga, 1991, hal 10)

- Perencanaan rumus perhitungan :

▲ Gaya tangensial pasak F (kg)

$$F = \frac{T}{(d_s / 2)} \dots\dots\dots(2.14) \text{ (sumber : Sularso dan Suga, 1991).}$$

Dimana :

F = Gaya geser pada poros (kg)

T = Momen yang bekerja pada poros (kg.mm)

d_s = Diameter poros (mm)

▲ Tegangan geser yang diizinkan adalah :

$$\tau_{ka} \geq \frac{F}{b x l_1}$$

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_B}{sf_{k1} \times sf_{k2}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

F = Gaya geser pada poros (kg)

b = Lebar pasak poros (mm)

l_1 = Panjang pasak poros (mm)

τ_{ka} = Tegangan geser yang diizinkan

σ_B = Kekuatan tarik bahan pasak

sf_{k1} = Faktor keamanan tergantung pada jenis bahan

(Umumnya diambil 6,0)

sf_{k2} = Faktor keamanan

(1 – 1,5 jika beban dikenakan secara perlahan – lahan)

(1,5 – 3,0 jika dikenakan dengan tumbukan ringan)

(2,0 – 3,0 jika dikenakan secara tiba-tiba/tumbukan berat)

Untuk mengetahui apakah pasak yang direncanakan baik atau tidak baik, maka dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\frac{b}{d_s} \text{ (nilainya antara 0,25 – 1,35)}$$

$$\frac{l_1}{d_s} \text{ (nilainya antara 0,75 – 1,5)}$$

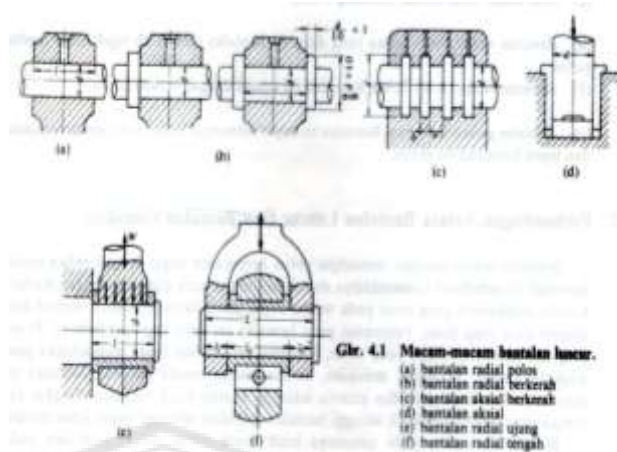
2.3.4 Bantalan

Bantalan adalah suatu elemen mesin yang digunakan untuk menumpu poros atau beban yang bekerja pada suatu mesin. Berdasarkan klasifikasinya, bantalan dapat dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros

a. Bantalan Luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan, karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.



Gambar 2.14 Macam-macam bantalan luncur

(Sumber : Sularso dan Suga, 1991, hal 104)

b. Bantalan Gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam, melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol, dan rol bulat.



Gambar 2.15 Macam – macam bantalan gelinding

(Sumber : Sularso dan Suga, 1991, hal 129)

2. Atas dasar arah beban terhadap poros

a. Bantalan Radial

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus dengan sumbu poros.

b. Bantalan aksial

Arah beban bantalan sejajar dengan sumbu poros.

c. Bantalan Gelinding Khusus

Bantalan ini mampu menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding, yaitu bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar, sedangkan bantalan gelinding pada umumnya lebih cocok untuk beban kecil. Putaran pada bantalan gelinding dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut.

• Perencanaan rumus perhitungan :

▲ faktor kecepatan f_n dengan persamaan :

$$\text{Umur bantalan bola, } f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1/3}$$

$$\text{Umur bantalan rol, } f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{3/10}$$

.....(2.16) (sumber : Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

f_n = Faktor kecepatan

n = Putaran poros (rpm)

▲ Faktor umur f_h dengan persamaan :

$$f_h = f_n \frac{C}{P}$$

.....(2.17) (sumber : Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

f_h = Faktor umur bantalan

f_n = Faktor kecepatan

C = Beban nominal dinamis spesifik (kg)

P = Beban ekivalen dinamis (kg)

▲ Umur nominal bantalan

Untuk bantalan bola, $L_h = 500 f_h^3$

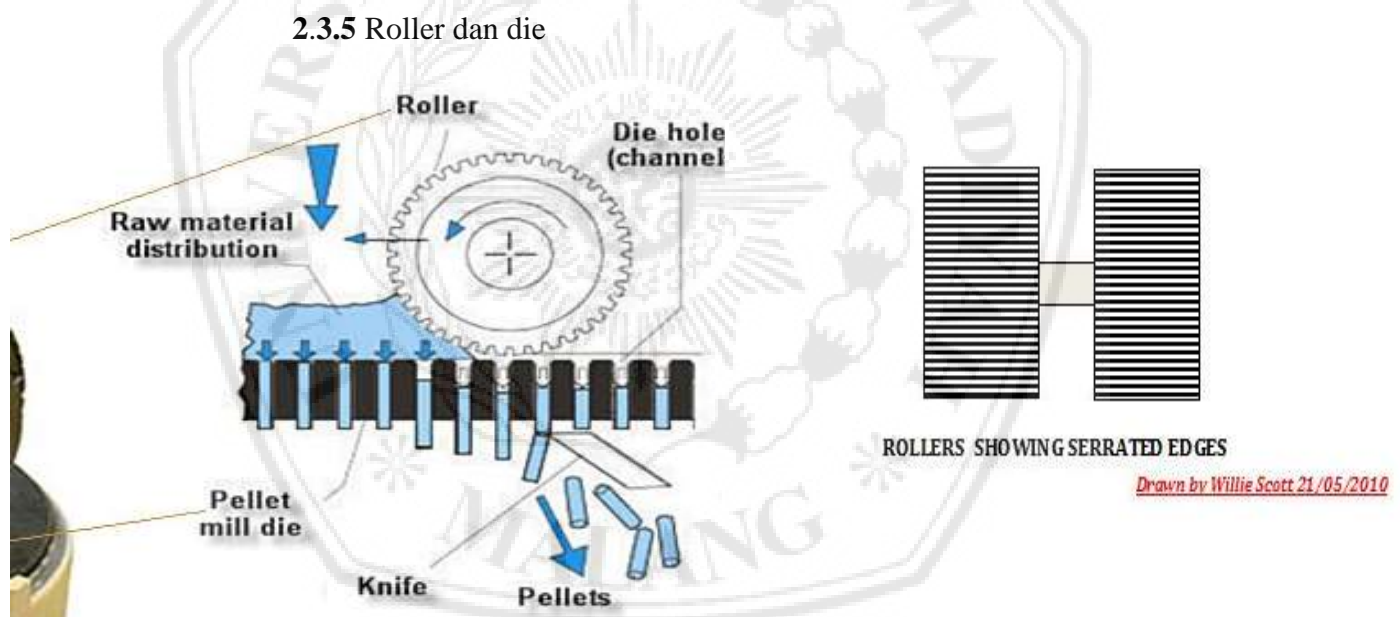
Untuk bantalan rol, $L_h = 500 f_h^{10/3}$ (2.18)

(sumber : Sularso dan Suga,1991).

Dimana :

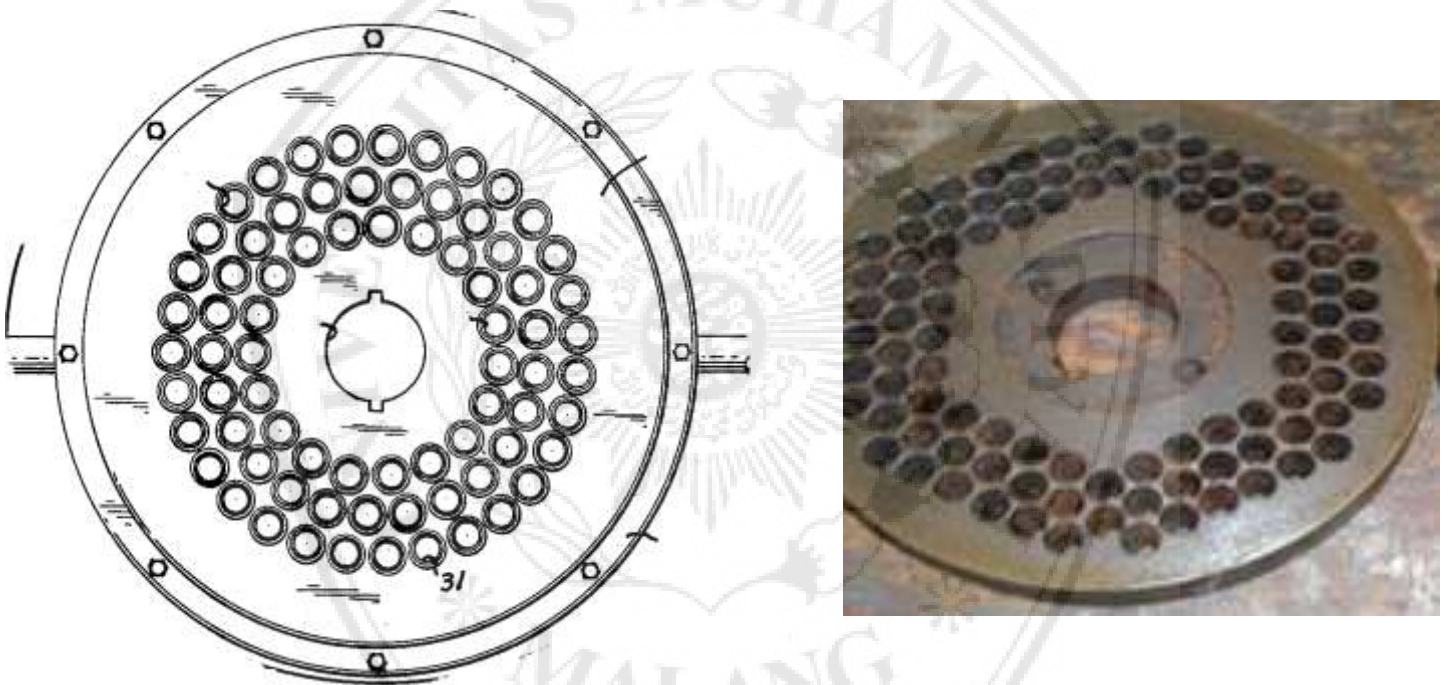
L_h = Umur nominal bantalan (jam)

f_h = Faktor umur bantalan



Gambar 2.16 roller dan die
(sumber : www.pellet-press.com)

Roller adalah alat yang berfungsi untuk mengolah bahan baku dengan cara menggiling pada bagian dalam die agar bahan baku tersebut masuk ke dalam die untuk proses pembentukan pellet. Permukaan luarnya berbentuk seperti roda gigi yang berfungsi menekan makanan masuk kedalam lubang die. Dari conditioner, makanan masuk kedalam dies dan ditekan masuk kedalam lubang-lubang dies dan ditekan masuk kedalam lubang-lubang dies dengan tekanan dari roller.



Gambar 2.17 mill flat die pellet mill
(sumber : www.pelletmillequipment.com)

Die holes (cetakan)

Pencetakan

Setelah semua bahan baku kayu tercampur secara homogen, mencetak campuran tadi menjadi bentuk pellet. Banyak jenis mesin yang dapat digunakan, mulai mesin sederhana hingga mesin yang biasa digunakan pada industri pakan.

Mesin pencetakan sederhana bisa merupakan hasil modifikasi gilingan daging yang diberi penggerak berupa motor listrik atau motor bakar.

Perbedaan mendasar antara mesin pencetak pellet sederhana dan mesin pencetak pellet yang digunakan di industri pakan terletak pada sistem kerja mesin tersebut. Sistem kerja mesin cetak sederhana adalah dengan mendorong/menekan bahan pellet kayu didalam sebuah piringan (disc) dengan menggunakan roller menuju cetakan (die) berupa pelat berbentuk lingkaran dengan lubang-lubang berdiameter 8 mm, sehingga serbuk kayu akan keluar dari cetakan tersebut dalam bentuk pellet.

